



بحوث المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب

التغيرات المناخية في ليبيا
(الاتجاهات والتداعيات)

تنظيم وإشراف

قسم الجغرافيا بكلية الآداب/جامعة سرت

سرت 29 ديسمبر 2022م

تحرير

أ.د.حسين مسعود ابومدينة
أ.د.أنور فتح اللّه اسماعيل

منشورات مركز البحوث والاستشارات - جامعة سرت
الطبعة الأولي 2022م





بحوث المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب

التغيرات المناخية في ليبيا

(الاتجاهات والتداعيات)

سرت 29 ديسمبر 2022م

تنظيم وإشراف:

قسم الجغرافيا بكلية الآداب/ جامعة سرت

تحرير

أ. د. حسين مسعود أبومدينة   أ. د. أنور فتح الله اسماعيل

المراجعة اللغوية

د. فوزية أحمد عبدالحفيظ الواسع

منشورات مركز البحوث والاستشارات بجامعة سرت

الطبعة الأولى 2022م





بحوث المؤتمر العلمي السابع لكلية الآداب

التغيرات المناخية في ليبيا (الاتجاهات والتداعيات)

الوكالة الليبية للترقيم الدولي الموحد للكتاب

دار الكتب الوطنية

بنغازي – ليبيا

هاتف: 9097074 - 9096379 - 9090509
بريد مصور: 9097073
البريد الالكتروني: nat_lib_libya@hotmail.com

رقم الإيداع القانوني 812 / 2022م

رقم الإيداع الدولي: ردمك 1-34-891-9959-978 ISBN

الطبعة الأولى 2022م





بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

وَهُوَ ٱلَّذِي يُرۡسِلُ ٱلرِّيَٰحَ بُشۡرَۢا بَيۡنَ يَدَيۡ رَحۡمَتِهِۦۖ حَتَّىٰٓ إِذَآ
أَقَلَّتۡ سَحَابٗا ثِقَالٗا سُقۡنَٰهُ لِبَلَدٖ مَّيِّتٖ فَأَنزَلۡنَا بِهِ ٱلۡمَآءَ
فَأَخۡرَجۡنَا بِهِۦ مِن كُلِّ ٱلثَّمَرَٰتِۚ كَذَٰلِكَ نُخۡرِجُ ٱلۡمَوۡتَىٰ
لَعَلَّكُمۡ تَذَكَّرُونَ 57

سورة الأعراف : آية (57).

صَدَقَ ٱللَّهُ ٱلۡعَظِيمُ





د. سليمان مفتاح الشاطر

رئيس جامعة سرت

المشرف العام للمؤتمر

أ. د. الطيب محمد القبي

وكيل الشؤون العلمية بجامعة سرت

رئيس اللجنة التحضيرية للمؤتمر

أعضاء اللجنة التحضيرية

أ. د. عبدالعزيز علي صداقة

أ. د. وائل محمد جبــريل

د. اسماعيل فرج عبدالناصر

د. جبريل صالح الديبالي

أ. جمـعة محــمد الغـــناي

أ. خـــولـــة على امحمد

عبدالحليم مفتاح الشــاطر

يوسف محمد الكرامي

علي محمد الأسمر

أ. د. أنور فتح الله اسماعيل

رئيس اللجنة العلمية للمؤتمر

أعضاء اللجنة العلمية

أ. د. حسين مسعود أبومدينة

أ. د. محمد عبــدالله لامه

أ. د. مولـــــــود علي بريبش

أ. د. خالد محمد بن عمور

أ. د. الصيد صالح الجيلاني

أ. د. إبراهيم الهادي دخيل

د. محمـــود محمد سليمان

د. غـــادة محمد هــويدي

المحتويات

المحتويات

كلمة رئيس الجامعة

بسم الله الرحمن الرحيم

في إطار دعم وتشجيع المناشط العلمية كالمؤتمرات والندوات العلمية وورش العمل، والتي ترى الجامعة أنها إحدى مهامها الرئيسة التي تسعى إلى إرسائها والحفاظ على استمراريتها؛ عليه دأبت الجامعة منذ تأسيسها على الاهتمام بهذه المناشط العلمية التعليمية إيماناً منها بأهميتها، ومن أهم هذه المناشط المؤتمرات العلمية، التي أولتها الجامعة اهتماماً خاصاً إدراكاً منها بمدى فاعليتها في تحقيق التقدم والتطور الحضاري واستمراريته، حيث أصبحت منهجية البحث العلمي وأساليب القيام به من الأمور المسلَّم بها في المؤسسات الأكاديمية ومراكز البحوث، وعلاوة على ما يحققه البحث العلمي من منافع للمجتمع الإنساني فإنه يفتح آفاقاً معرفيةً جديدةً أمام الباحث؛ ممّا يُسهم في تحسين مهاراته الفكرية والثقافية والاجتماعية؛ ولذلك عقدت الجامعة عددًا من المؤتمرات العلمية التخصصية برعاية الجامعة وتنظيم إحدى الكليات، وكان لكلية الآداب نصيب الأسد، إذ نضمت فيما مضى ستة مؤتمرات علمية، واليوم تعقد مؤتمرها السابع بعنوان (**التغيرات المناخية في ليبيا "الاتجاهات والتداعيات"**)، والذي ينظمه ويشرف عليه قسم الجغرافيا بالكلية.

إنَّ موضوع التغيرات المناخية من الموضوعات المهمة التي أصبحت محور اهتمام المنظمات الدولية وعلى رأسها الأمم المتحدة، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) بشكل خاص؛ وذلك لأهميتها في صناعة القرار الدولي بعد أن كانت حبيسة الأروقة العلمية، وما تقوم به الأمم المتحدة وبرنامجها المعني بالمناخ من جهود ضخمة تتبلور في عقد اتفاقيات دولية ومؤتمرات سنوية بشأن تغير المناخ وبمشاركة نحو 200 دولة كان آخرها (COP27) الذي عُقد في الشهر الماضي (نوفمبر 2022م) بشرم الشيخ بجمهورية مصر العربية لهو خير دليلٍ على أنَّ التغير المناخي من أبرز المشكلات التي تسعى جميع دول العالم للحد من آثارها لما لها من تداعيات خطرة على النظم البيئية والأنشطة البشرية.

ونحن إذ نبارك انعقاد مؤتمر (**التغيرات المناخية في ليبيا "الاتجاهات والتداعيات"**) فإننا نتقدم بالشكر إلى البُحَّاث المشاركين ببحوثهم القيّمة من أجل إثراء الموضوع، كما نشكر اللجان العلمية والتحضيرية للمؤتمر، والتي واكبت تجهيزاته الأولية إلى لحظة الانعقاد، كما نحيي كافة الجهات التي أسهمت في إنجاح هذا المؤتمر العلمي.

وختامًا.. فإنَّ جامعة سرت ترحب بأن تكون حاضنة لانعقاد المؤتمرات والندوات العلمية الهادفة التي تسهم في بناء مستقبل وطننا الحبيب **ليبيا**.

وفقكم الله وسدد خُطاكم

والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

د. سليمان مفتاح الشاطر
رئيس جامعة سرت

كلمة اللجنة العلمية:

بسم الله، الحمد لله، والصلاة والسلام على رسول الله، وعلى آله وصحبه ومن والاه، وبعد:

فموضوع هذا المؤتمر هو الشغل الشاغل للمختصين، والاهتمام الحاضر للمتابعين؛ لأنَّ التغير المناخي هو السبب الرئيس في التغير الفعلي لكثير من مسارات الحياة في شتى نواحيها، خاصة في دولة مثل ليبيا، حيث أنَّ الأنشطة البشرية غير مرشدة والنظم البيئية هشَّة؛ لذلك كان لزاماً معرفة الاتجاهات ثم التداعيات للتغيرات المناخية حتى يتسنى الاستعداد لكل ما هو مرتقب أو متوقع، وهذا ما تهدف إليه محاور المؤتمر، وقد جاءت على النحو الآتي:

المحور الأول: اتجاهات التغيرات المناخية في ليبيا.

المحور الثاني: آثار الأنشطة البشرية على التغيرات المناخية.

المحور الثالث: تداعيات التغيرات المناخية.

المحور الرابع: استراتيجيات التكيّف مع التغير المناخي.

وقد بلغ عدد الملخصات المقدمة للَّجنة العلمية ثمانية وثلاثين ملخصاً، وعدد الأبحاث المرسلة خمسَ وعشرين بحثاً، عدد المقبول منها أربعة عشر بحثاً وفقاً للمعايير العلمية والفنية التي اعتمدتها اللجنة العلمية.

ومن باب الاعتراف بالمعروف، وإرجاع الفضل إلى أهله، فإن اللجنة العلمية تتقدم بوافر الشكر والتقدير والاحترام وعظيم الامتنان لجامعة سرت متمثلة في السيد: **د. سليمان مفتاح الشاطر** رئيس الجامعة، و **أ. د. الطيب مُحَّد القبي** وكيل الجامعة للشؤون العلمية، و **أ. د حسين مسعود أبومدينة** مدير إدارة الدراسات العليا والتدريب بالجامعة، و **د. إسماعيل فرج عبد الناصر** عميد كلية الآداب، و **أ. جمعة مُحَّد الغناي** رئيس قسم الجغرافيا، وكذلك السادة رئيس وأعضاء اللجنة التحضرية، وكل من أسهم معهم في هذا العمل الكبير.

نجدد لهم الشكر والتقدير لاحتضانهم هذا المؤتمر، والعمل على نجاحه على هذا النحو المتميز الرائع.

وتتطلع اللجنة العلمية من خلال البحوث الرصينة المقدمة في هذا المؤتمر إلى تقديم ما فيه النفع والخير لبلادنا.

أ. د. أنور فتح الله إسماعيل
رئيس اللجنة العلمية

تأثير ظاهرة الاحترار المفاجئ في الستراتوسفير على تقلبات الطقس

أ. عاشور صالح ساسي
محاضر، المركز الوطني للأرصاد الجوية
ashoursassi@gmail.com

الملخص:

يعد التسخين المفاجئ لطبقة الستراتوسفير في نصف الكرة الشمالي هو احدى الظواهر الجوية الدرامية المهمة في شتاء تلك الطبقة. عادة يرافق احداثها القوية ازاحة او انقسام الدوامة القطبية في غضون اسبوع او اثنين مع تسخين مفاجئ في طبقة الستراتوسفير القطبي.

تتناول هذه الدراسة اساساً التسخين في نصف الكرة الشمالي وأثره على الاحوال الجوية والمناخ، وذلك بدراسة التغير من خلال تحليل بيانات 13 شتاءً بهدف فهم الحالة وامكانية التنبؤ بنوعية الشتاء المقبل في كلاً من طبقتي الستراتوسفير والتروبوسفير، ومن ثم فحص مميزات التسخين المفاجئ الشديد باستخدام طريقة السلاسل الزمنية وتحليل البيانات المؤقتة المعاد تحليلها لطبقات الجو العليا.

لوحظ ان أعلى احترار كان في شتاء 2008-2009. تمت مقارنة بيانات درجات الحرارة السطحية ومعدل هطول الامطار لعدد من المحطات المختارة (الساحلية والجبلية) في ليبيا وذلك في فصلي شتاء وصيف تلك السنة لدراسة تأثر تلك المناطق بتلك الظاهرة وايجاد التباين في درجات الحرارة وهطول الامطار في تلك الفصول.

الكلمات المفتاحية: التسخين المفاجئ: الستراتوسفير، التروبوسفير، الدوامة القطبية، درجة الحرارة، الامطار.

The Effect of Sudden Stratospheric Warming Phenomenon on the Weather Variability

Ashour Saleh Sassi
Libyan Nation Meteorological Center (LNMC)
ashoursassi@gmail.com

ABSTRACT

The sudden heating in the winter of the polar stratosphere is one of the important dramatic weather phenomena. Usually these events are accompanied by the displacement or split of the polar vortex within a week or two, with sudden heating in that layer.

This study mainly deals with heating in the northern hemisphere and its impact on weather conditions and climate. By using the time series method, 13 winters were analyzed to understand the situation and the possibility of predicting the type of the coming winter of stratosphere and troposphere layers.

The highest warming was in the winter of 2008-2009. Surface temperature and precipitation data were compared for a number of selected stations (Coastal and Mountainous) in Libya for winter and summer seasons of that year, to study the impact of these areas on this phenomenon and to find the variation in temperature and precipitation in those seasons.

Keywords: Sudden heating; Stratosphere; Troposphere; Polar Vortex; Temperature; Rain.

1- مقدمة:

خلال فصول شتاء معينة، يتأثر متوسط درجات حرارة الستراتوسفير فوق نصف الكرة الشمالي (NH) بشدة مع زيادة سريعة تؤدي إلى انعكاس متوسط الرياح في المنطقة إلى الاتجاه الشرقي لفترة أيام قليلة. يُعرف مثل هذا الحدث بالاحترار المفاجئ في الستراتوسفير (SSW). تحدث هذه الظاهرة في أشهر الشتاء من ديسمبر ويناير وفبراير في نصف الكرة الشمالي وفي أشهر يونيو ويوليو وأغسطس في نصف الكرة الجنوبي.

أُكتُشفتْ ظاهرة الاحتباس الحراري المفاجئ في الستراتوسفير في عام 1952 من قِبل البروفيسور ريتشارد شيرهاغ خلال تجارب البالون على ارتفاعات عالية في معهد الأرصاد الجوية، جامعة برلين الحرة. خلال السنوات القليلة الأولى، عُرفت باسم " ظاهرة برلين". في هذه التجارب كان يختبر المسبار اللاَّسلكي الأمريكي المطور، والذي يمكنه قياس درجات حرارة موثوقة تصل إلى طبقة الستراتوسفير الوسطى، ممَّا دفعه إلى تسجيل أول حدث احتراري في الستراتوسفير كان ذلك في 27 يناير 1952. بعد اكتشافه، أنشأ شيرهاغ فريقًا من خبراء الأرصاد الجوية لدراسة طبقة الستراتوسفير الشتوية في الجامعة. وباستخدام المسبار اللاَّسلكي بالبالون، واصلت مجموعته رسم خريطة لدرجات حرارة الستراتوسفير في نصف الكرة الشمالي والارتفاع الجيولوجي لسنوات عديدة، خلصوا خلالها إلى أنَّ الاحترار في الستراتوسفير الشتوي ليس ظاهرة محلية ولكنه ينتشر إلى نصف الكرة القطبية الشتوي بأكمله. وفي أواخر الستينيات بدأ عصر الأقمار الصناعية وأصبحت قياسات الأرصاد الجوية أكثر تواتراً على نطاق عالمي. أقمار الأرصاد الجوية مثل TIROS وسلسلة NIMBUS ، التي تم رصدها تستمر في الحصول على بيانات موثوقة لكامل طبقة الستراتوسفير. تُستخدم مسابير الراديو والصواريخ والرادارات الأرضية المختلفة لمراقبة مناطق الغلاف الجوي ككل.

خلال أشهر الشتاء، تصل درجات حرارة طبقة الستراتوسفير القطبية إلى أقل من 70 درجة مئوية تحت الصفر، مصحوبة برياح غربية قوية تشكل الحد الجنوبي الذي يسمى الدوامة القطبية الستراتوسفيرية. بمعنى آخر، تهيمن الرياح الغربية على أشهر الشتاء مع وصول الرياح النفاثة الليلية القطبية إلى أقصى قيم لها خلال شهر فبراير. قبل بدء ظاهرة الاحترار الستراتوسفيري، دورة الرياح في الستراتوسفير تهيمن عليها الدوامة القطبية الباردة والشرقية التي

تقع فوق القطب الشمالي، وتغطي جزءًا كبيرًا من نصف الكرة الشمالي خارج المناطق المدارية. مع حدوث اضطراب في الرياح المهيمنة في بعض فصول الشتاء أو ربما حتى انعكساسها. في ظل هذه الظروف، تزداد درجات الحرارة في الطبقة السفلى من الستراتوسفير في غضون أيام قليلة بأكثر من 50 درجة. تصبح المنطقة القطبية أكثر دفئًا من خطوط العرض الجنوبية. يؤدي هذا إلى انعكاس اتجاه الرياح الغربية وانهيار الدوامة القطبية الحالية [Mohanakumar, 2008] تؤثر انعكاسات الرياح والاحترار على طبقة الستراتوسفير القطبية بأكملها. يحدث الاحترار في SH، ولكن مع كثافة أقل.

حظيت هذه الأحداث باهتمام متزايد مؤخرًا، حيث أصبحت فكرة أن التغيرات في دوامة الستراتوسفير يمكن أن تؤثر على الطقس والمناخ في طبقة التروبوسفير مقبولة [Baldwin and Dunkerton, 2001] ، في الواقع ليس فقط الدوامة تتغير ولكن أيضًا انعكاس الموجة في الستراتوسفير يمكن أن يؤثر بشكل مباشر على طبقة التروبوسفير من خـــلال تغيير في بنية الموجة الكوكبية (Planetary Wave)، [Shaw and Perlwitz, 2010].

2- مشكلة الدراسة:

منذ اكتشافها من قبل ريتشارد شيرهاغ في عام 1951، جذبت أحداث الاحترار المفاجئ للستراتوسفير (SSW's) اهتمامًا كبيرًا واهتمامًا بحثيًا؛ نظرًا لتأثيراتها الشديدة في بعض الأحيان على الطقس الشتوي في نصف الكرة الشمالي، وكانت هذه النظريات المبكرة منطقية بناءً على البيانات المحدودة المتاحة وأيضًا على أساس الاكتشاف الأساسي المذهل المتعلق بـSSW. في أبحاثهم المبكرة، كشفوا أن الاحترار لم يكن قادمًا من طبقة التروبوسفير مباشرة التي تلي طبقة الستراتوسفير الاحترارية، ولكن من مصدر آخر، هذا ما تم تأكيده في أحدث هذه الدراسات، وأُعيد النظر في العلاقة بين ظاهرة الاحترار الستراتوسفيري وطبقة التروبوسفير في الدراسات الحديثة، لهذا السبب وفي هذا العمل الحالي تم تحليل 13 شتاءً في طبقة الستراتوسفير لتسليط الضوء على العلاقة بين SSWs وبعض بارامترات الأرصاد الجوية لتحديد تأثير أحداث SSW على الطقس والمناخ في الطبقة السفلى التروبوسفير.

3- أهمية الدراسة:

تعتبر الدراسة ذات أهمية كبيرة؛ وذلك لفهم التغيرات التي تحدث في منتصف وأسفل طبقة الستراتوسفير وأثرها على طبقة التروبوسفير السفلى الملاصقة لسطح الأرض والتي تحدث فيها جميع الظواهر الجوية.

من خلال هذه الدراسة يمكن معرفة مدى تأثير حدوث ظاهرة الاحترار المفاجئ في طبقة الستراتوسفير على الطقس، ومدى إمكانية الاستفادة من ذلك في التنبؤات الجوية للشتاء الذي يلي تلك الظاهرة، وبالتالي فهم مناخ المنطقة.

4- الفرق بين نصف الكرة الشمالي والجنوبي:

هناك اختلافات كبيرة بين الستراتوسفير القطبي في نصف الكرة الشمالي (NH) وفي نصف الكرة الجنوبي (SH). تتم أحداث SSW بشكل أساسي خلال فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي. تحدث ظاهرة SSW الصغيرة والنادرة في القطب الجنوبي، ولكن هناك أسباب محددة تجعلها ظاهرة في نصف الكرة الشمالي بشكل أساسي.

تكون الدوامة في SH أكبر وأكثر تناسقًا في المنطقة، وترتبط بسرعات رياح أعلى في النفاثة القطبية (Polar Jet Stream) عند حافة الدوامة القطبية. تهيمن الدورة على نطاق واسع في الستراتوسفير بتدفق نطاقي متماثل غربيًا في الشتاء وشرقيًا في الصيف. تكون موجات الكواكبية (Planetary waves) أقوى بكثير في NH منها في SH ويمكن أن تنتشر عموديًا فقط إذا انتشرت الموجات غربًا نسبةً إلى متوسط الرياح، [Holton, 1980]. تميل الموجات الكواكبية إلى أن تكون شبه ثابتة، لأنَّ آليات التأثير الرئيسة الخاصة بها ثابتة [Shepherd, 2007].

فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي له ترسب زخم زاوي أقوى من نصف الكرة الجنوبي، ينتج عن ذلك تجويف سفلي قوي فوق القطب، وطبقة الستراتوسفير القطبية تكون أكثر دفئاً، مع وجود دوامة قطبية أضعف في فصل الشتاء مقارنة بشتاء نصف الكرة الجنوبي [Shepherd, 2002]. ايضاً يمكن أن يفسر الاختلاف في توليد الموجات الكوكبية جزءًا كبيرًا من عدم الانتظام بين نصفي الكرة الأرضية في الستراتوسفير.

5- الدراسات السابقة:

أُجريتْ الدراسات الأولى حول التطور السينوبتيكي لاحترار الستراتوسفير بواسطة كلٍ من Teweles, 1958; Craig and Heting, 1959; and Lowenthal, [1957]، قام (Mhyakoda 1970) وآخرون بمحاكاة الاحترار المفاجئ في الستراتوسفير باستخدام نموذج الدوران العام. كانت المحاكاة قادرة على تقسيم الدوامة القطبية دون محاكاة الاحترار. تم تقديم محاكاة ناجحة أخرى للاحترار المفاجئ في الستراتوسفير من خلال نموذج عددي شبه أرضي بواسطة[Matsuno, 1971]اقترحت هذه الدراسة النظرية سبب الاحترار الستراتوسفير نتيجة الانتشار التصاعدي للموجات الكواكبية من التروبوسفير إلى الستراتوسفير وتفاعلها مع متوسط التدفق في المنطقة. وأظهرت الدراسات السابقة أنَّ الاحترار المفاجئ يتم فرضه من الأسفل، ربما بسبب الانتشار التصاعدي لموجة التروبوسفير لنشاط الموجة الكوكبية إلى الستراتوسفير. الدراسة التي أجراها Hu and Tung (2002) أظهرت العلاقة بين درجات حرارة الغطاء القطبي وتدفق الحرارة الزوالي. وجد كلٌ من kim and Choi (2006) ارتباطًا مهمًا بين درجات الحرارة القطبية السفلى في الستراتوسفير في مارس مع المكون الثابت لتدفق الحرارة الدوامي على نطاقات زمنية بينية سنوية.

تختلف مدة الاحترار اختلافًا كبيرًا بين أحداث SSWs عادة ما يكون متوسط مدة الاحترار القطبي في الطبقة السفلى من الستراتوسفير حوالي شهر، ومع ذلك كانت هناك أحداث SSW التي ينتهي فيها الاحترار بسرعة أو ينقطع في غضون حوالي 10 أيام، [Limpasuvan, et. al., 2004].

السؤال الذي يطرح نفسه هو: ما الذي يحدد فترة عمل ظاهرة الاحترار المفاجئ في طبقة الستراتوسفير؟

من المعتقد بشكل شائع أن SSWs ينتهي بعد اضمحلال موجات الكواكبية التروبوسفيرية [Matsuno, 1971]، وبالتالي، يمكن أن يكون التكرار المتزايد لـ SSWs مرتبطًا بالتدفق الحراري الدوامي في اتجاه القطب في الطبقة السفلى من الستراتوسفير في خطوط العرض العالية (45-75 درجة شمالًا) كما هو موضح من [Polvani, and

[Waugh, 2004، أيضًا أن السلسلة الزمنية لتدفق حرارة الدوامة عند 100 hPa تظهر ارتباطًا مضادًا عاليًا مع مؤشر التذبذب في القطب الشمالي (Atlantic Oscillation) عند 10 hPa. طبقاً الى (Karpetchko and Nikulin, 2004) فإنَّ متوسط التدفق الحراري الدوامي الإجمالي في الستراتوسفير في نوفمبر- ديسمبر يكون متعارض بشدة مع متوسط التدفق الحراري الدوامي الإجمالي في الفترة من يناير إلى فبراير في منتصف خط العرض من الستراتوسفير والتروبوسفير.

[Gerber and Polvani, 2009] وجد تحولًا ثابتًا نحو خط الاستواء للتيار النفاث الغربي شبه المداري خلال أيام الاحترار الستراتوسفير أثناء استخدام تجربة نموذجية فوق نصف الكرة الشمالي، تم تحليل التباين المكاني والزمني لرياح التروبوسفير العليا السريعة بواسطة [Strong and Davis, 2006] وأفادوا أن التذبذب في القطب الشمالي (Arctic Oscillation) وظاهرة النينيو / التذبذب الجنوبي (ENSO) هما المساهمان الرئيسيان في الرياح السطحية القصوى (SMW)) وتقلب الضغط في نصف الكرة الشمالي.

6- أهمية الستراتوسفير في البحوث المناخية:

الستراتوسفير عبارة عن طبقة ذات تركيزات عالية من الأوزون. تتركز أقصى قيم له في أسفل ومنتصف طبقة الستراتوسفير بين حوالي 15 و 30 كم ارتفاعاً. يعتبر الأوزون من العناصر المهمة للمناخ وللحياة على الأرض، لأنه يمتص الأشعة فوق البنفسجية الضارة من الشمس قبل أن تصل إلى السطح. كشفت الدراسات الحديثة عن تأثير الأنشطة البشرية على توزيع أوزون الستراتوسفير، ومع ذلك يمكن أن تؤدي التفاعلات الكيميائية مع مركبات الكربون الكلورية فلورية (CFCs) إلى استنفاد طبقة الأوزون. من المهم فهم مناخ الستراتوسفير وكيف يمكن أن يتغير، بسبب زيادة الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي وبالتالي إيجاد الحلول الممكنة للحد من مخاطر تلك الغازات على مناخ العالم ككل.

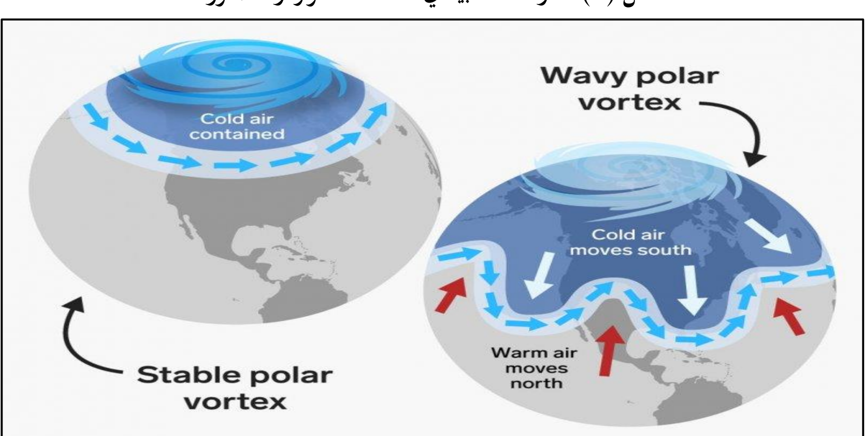
7- تفاعل الستراتوسفير- التروبوسفير وأثره على أحداث الطقس:

عندما يتم إثبات التفاعل الديناميكي بين طبقة التروبوسفير والستراتوسفير، عندها تعتبر أحداث الاحترار المفاجئ في الستراتوسفير (SSW) واحدة من أكثر العمليات تطرفاً

في ديناميكيات الستراتوسفير. يتغير على أثرها حالة الطقس في نصف الكرة الشمالي. تأثير ظاهرة الاحترار المفاجئ في الستراتوسفير على الطقس تكون بعد عدة أسابيع أو ربما شهر من نشأته، وتختلف آثارها من عام إلى آخر وذلك تبعاً لعدة مؤشرات وعوامل مناخية تكون سائدة وقت حدوثها.

مع توفر أجهزة الرصد المتقدمة والنماذج العددية العالمية لتنبؤات الطقس القادرة على محاكاة حركة الكتل الهوائية في الغلاف الجوي، عليه أصبح بالإمكان التنبؤ بحالات الطقس في الشتاء الذي يلي ظاهرة SSWs. السبب وراء ذلك يكمن في هبوط الدوامة القطبية التي تسبب في تحول وتشتت التيارات والكتل القطبية وبشكل عشوائي عن مكانها الأصلي وهو القطب الشمالي. وبالتالي يكون تأثير الاحترار أمّا بانقسام الدوامة القطبية إلى قسمين منفصلين أو إضعافها بشكل كبير، ينتج عن انقسام الدوامة تكدس للكتل القطبية في بعض الأجزاء من الكرة الأرضية لتستقر لفترة زمنية، على إثرها يتحدد شكل الطقس لبقية فصل الشتاء وحتى نهايته، مسببة في تعرض بعض المناطق لطقس حار ومناطق أخرى لطقس بارد شديدة البرودة.

شكل (1) الدوامة القطبية في حالة الاستقرار وأثناء نزولها



vertex.jpg-polar/2020-https://adminassets.devops.arabiaweather.com/sites/default/files/uploads

8- تصنيف الاحترار الستراتوسفيري SSW:

يتم تصنيف أحداث الاحترار الستراتوسفير في الأساس إلى أربع فئات: الاحترار الرئيس والثانوي والكندي والنهائي اعتمادًا على زيادة درجة الحرارة في الستراتوسفير القطبي.

تم تقديم المزيد من الفئات الفرعية للاحترار بواسطة Quiroz، (1975)، أيضاً تم إجراء المزيد من التصنيفات على SSW بواسطة Labitzke، (1977)، إضافة إلى معاملات أخرى مثل الدورة الشمسية لمدة 11 عامًا ومراحل QBO. يمكن القول إن احترار الستراتوسفير يكون كبيرًا عندما تصبح متوسطات رياح المنطقة شرقية عند 60 درجة شمالاً و10 هكتوباسكال خلال فصل الشتاء، ويصبح تدرج درجة الحرارة موجباً عند 10 هكتوباسكال بين 60 درجة شمالاً و 90 درجة شمالاً [Charlton et. al., 2007].

وفقًا لتعريف المنظمة العالمية للأرصاد الجوية لسنة 1978، عليه تم تعريف الاحترار الستراتوسفيري كما يآتي:

8.1- الرئيسي (Major)

يُطلق على الاحترار الستراتوسفير اسم "رئيسي"، عندما تزداد درجة الحرارة القطبية في اتجاه القطب من خط عرض 60 درجة ويتبعها انعكاس في رياح المنطقة عند 10 هكتوباسكال (32 كم). عادة ما ترتبط أحداث الاحترار الرئيسة بإزاحة الدوامة القطبية من خطوط العرض العليا إلى المتوسطة أو انقسام الدوامات إلى قسمين.

8.2- الصغرى (Minor)

يُطلق على الاحترار الستراتوسفير "طفيف"، إذا لوحظ ارتفاع كبير في درجة الحرارة القطبية بمقدار 25 درجة على الأقل في فترة أسبوع أو أقل، في أي مستوى من طبقات الستراتوسفير في أي منطقة من نصف الكرة في فصل الشتاء. الدوامة القطبية غير مكسورة. في حالة عدم وجود انعكاس للرياح الغربية مع وجود زيادة سريعة في درجة الحرارة على الأقل 25 درجة مئوية في غضون أسبوع واحد في الجزء العلوي من الستراتوسفير في أي منطقة من نصف الكرة في فصل الشتاء، عندها يتم تعريف الحدث على أنه احترار طفيف [Labitzke, 1977].

8.3- كندي (Canadian)

تسمى أحداث الاحتباس الحراري في الستراتوسفير التي لوحظت في أوائل فترة الشتاء (من نوفمبر إلى أوائل ديسمبر) فوق المنطقة الكندية بالاحترار الكندي. يقال إن الاحترار كندي عندما يحدث فوق مناطق مرتفع ألوشيان، في المنطقة الكندية [O' Neill,

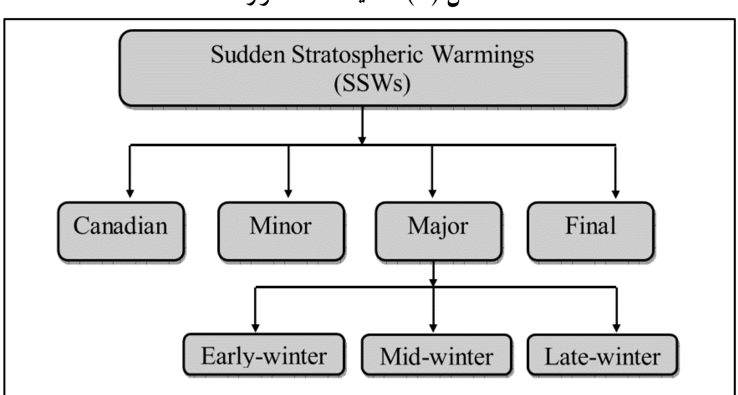
2003]. خلال فترات الاحترار الكندي، يتجه مرتفع ألوشيان شرقًا في غضون أيام قليلة من موقعه المعتاد فوق خط التاريخ الدولي باتجاه خط الطول بزاوية 90 درجة غربًا فوق كندا. في هذه الحالة، لا تنكسر الدوامة القطبية ولكنها تشوه بشدة وتزاح عن القطب، يرتبط الاحترار الكندي بتكثيف مرتفع الوشيان الستراتوسفيري. ويرتبط مرتفع ألوشيان بمنخفض الوشيان في طبقة التروبوسفير. حدث انعكاس الرياح أثناء الاحترار الكندي ست مرات فقط في الخمسين عامًا الماضية (Manney et al.2001). كانت الانعكاسات قصيرة وضعيفة، لكن هذا الاحترار لم يؤدي أبدًا إلى انهيار الدوامة القطبية [Labitzke, and N, 2000.]

8.4- نهائي (Final)

الدورة الموسمية لمتوسط تدفق الرياح في الستراتوسفير تكون غربيات في اتجاه الشرق خلال الشتاء وشرقيّات خلال الصيف باتجاه الغرب. الاحترار الذي يحدث خلال الفترة الانتقالية من الشتاء إلى الربيع بحيث تغير الدوامة القطبية اتجاه الرياح بشكل دائم أثناء الاحترار، ويسمى الاحترار النهائي.

هناك تصنيفات فرعية للاحترار الرئيس في الستراتوسفير حسب وقت حدوثها. يتم تصنيف الاحترار الرئيس مرة أخرى على أنه احترار مبكر، احترار منتصف وأواخر الشتاء، عندما يحدث في أوائل ديسمبر وفي يناير وفي النصف الثاني من فبراير على التوالي. يتم عرض تصنيفات الاحترار في الشكل أدناه.

شكل (2) تصنيفات الاحترار



9- وصف البيانات:

البيانات المستخدمة في هذه الدراسة هي الأوزون اليومي، درجة الحرارة، والرياح النطاقية، 45-يومًا لموجة 1-3 لتدفق الحرارة. تم الحصول عليها من Ozone Arctic OMI(Monitoring Instrument) (جهاز مراقبة الأوزون MERRA (Modern-Era Retrospective Analysis For Research and Application) (التحليل الرجعي الحديث للبحث والتطبيقات). تتوفر بيانات MERRA في مركز خدمات بيانات ومعلومات النمذجة والاستيعاب (MDISC)، الذي يديره مركز خدمات البيانات والمعلومات (DISC) التابع لناسا قودارد لعلوم الارض (GES) (NASA Goddard Earth Science). مكتب ناسا لإعادة تحليل بيانات الأقمار الصناعية (MERRA) يستخدم إصدار جديد رئيس من نظام استيعاب بيانات نظام قودارد لرصد الأرض الإصدار 5 (5-GEOS). إعادة التحليل المؤقت للجزء السفلي والمتوسط لطبقة الستراتوسفير للإرتفاعات ما بين 70 هكتوباسكال (18 كم) الى 10 هكتوباسكال (31 كم) للفترة من 2000-2013 والتي تم استخدامها في هذه الدراسة. تم تقديم MERRA2 ليحل محل مجموعة بيانات MERRA الأصلية نظرًا للتقدم المحرز في نظام الاستيعاب الذي يتيح استيعاب الإشعاع الفائق الطيفي ومراقبة الموجات الصغرية، جنبًا إلى جنب مع مجموعات بيانات Radio-GPS. كما أنها تستخدم أرصاد الأوزون التابعة لوكالة ناسا بعد عام 2005. وقد تم تضمين تطورات إضافية في كل من نموذج 5-GEOS ونظام الاستيعاب GSI في 2-MERRA؛ نظرًا لأن هذه البيانات مأخوذة من إعادة التحليل ، فهي ليست محدثة.

يتم إنتاج هذه البيانات من قبل NASA Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) على متن القمر الصناعي Aura. هي بيانات OMTO3d التي تمت معالجتها بطريقة مشابهة لبيانات TOMS من السنوات السابقة.

9.1- تحليل البيانات:

يركز العمل الحالي على تقييم الاحترار المفاجئ في طبقة الستراتوسفي، وأثره على الطقس في طبقة التروبوسفير وعلى النظام المناخي ككل. من خلال دراسة البيانات وتحليلها باستخدام برنامج احصائي لحساب السلاسل الزمنية لفترة 15 عامًا، اتضح خلالها وجود 8 حالات من أحداث SSWs عند مستوى 10 هكتوباسكال حيث أظهرت النتائج 50 ٪ من الحالات زيادة في درجة الحرارة بأكثر من 25 درجة مئوية وانعكاس الرياح إلى الشرق. تم تصنيف خمس حالات في 10 هكتوباسكال على أنها رئيسة وثلاث حالات من أصل ثمانية تم الإبلاغ عنها على أنها شديدة التركيز. على الرغم من ذلك، تم تجميع خمس حالات فقط في 50 هكتوباسكال على أنها حالات رئيسية. بالإضافة الى تصنيف السنوات (2002/2001، 2003/2002، 2008/2007) على أنها ثانوية في مستوى 50 هكتوباسكال لأن الرياح ما زالت غربية ولم تتغير إلى شرقية.

تم تلخيص شدة يوم الذروة لجميع الأحداث لمستويات 10 هكتوباسكال و 50 هكتوباسكال خلال الفترة 2000-2013 في الجدولين 1 و 2 على التوالي. الجدول 3 يوضح ملخص لتوزيع أحداث الاحترار في الستراتوسفير على جميع المستويات من 10 هيكتوباسكال إلى 70 هيكتوباسكال خلال العام 2008-2009.

يتضح تمامًا من الأشكال أدناه أن درجة الاضطرابات في الستراتوسفير يمكن أن تؤثر على البنية الديناميكية التروبوسفيرية. وبالتالي فإن معظم اضطرابات الستراتوسفير على كلا المستويين يمكن أن تنتشر مباشرة نحو الأسفل. لكن الاحترار الطفيف يمكن أن يبطئ الرياح الغربية في مستويات الستراتوسفير ويقتصر انتشارها نحو الأسفل على مستويات الستراتوسفير. كجزء من الخصائص الموسمية، يكون الستراتوسفير الشتوي بشكل عام غير مستقر ويخضع لاضطرابات مستمرة بكثافة متفاوتة. تتولد الحالة المضطربة بسبب التفاعل بين أدوات اقتران الستراتوسفير والتروبوسفير من خلال أنشطة الموجة .

.[Gerber and Polvani, 2009; Baldwin and Dunkerton, 2001]

كما أظهرت دراسات سابقة حدوث احترار الستراتوسفير أكثر خلال شهري يناير وفبراير

.وهذا ما تم تأكيده في هذه الدراسة أيضًا، فإن بيانات الجداول السابقة تتفق مع النتائج التي توصلوا إليها.

(الجدول1) ملخص لتوزيع أحداث الاحترار الستراتوسفير

عند 10 هكتوباسكال خلال فترات 2000–2013

	Temperature		Zonal wind		Heat flux waves (1-3)		Ozone	
Year	Peak day	T(C°)	Peak day	U(ms⁻¹)	Peak day	k/m	Peak day	DU
2001/2002	29/12/01	-34.84	2/01/02	-2.59	22/12/01	326.75	18/02/02	445
2002/2003	17/01/03	-41.28	18/1/03	-1.57	28/12/02	284.94	18/02/03	405
2003/2004	28/12/03	-40.7	10/1/04	-14.48	16/12/03	245.16	24/02/04	411
2005/2006	23/01/06	-35.97	26/1/06	-25.27	21/01/06	255.68	6/02/06	459
2007/2008	23/02/08	-32.2	25/2/08	-14.32	23/01/08	492.01	25/02/08	444
2008/2009	23/01/09	-20.13	29/1/09	-32.14	20/01/09	548.93	6/02/09	489
2009/2010	31/01/10	-36.73	10/2/10	-7.92	26/01/10	266.09	25/02/10	486
2012/2013	12/01/13	-38.63	19/1/13	-11.98	3/01/13	427.86	26/01/13	433

9.2– شتاء 2008–2009:

شهد شتاء 2008-2009 أقوى SSW على الإطلاق، وشوهد شذوذًا كبيرًا في درجة الحرارة الدافئة، الاشكال ادناه تبين ذلك بوضوح عند 10 هكتوباسكال، مع شذوذ إيجابي في قيم الأوزون. ينتشر شذوذ درجة الحرارة نزولاً عبر الستراتوسفير بسرعة بينما تنتشر تركيزات الأوزون العلوي في الأسفل ببطء كبير.

متغيرات الأرصاد الجوية المتعلقة بأحداث SSW موضحة أدناه من أجل وصف أفضل التباين الكبير خلال هذا الشتاء. تظهر درجات الحرارة اليومية فوق القطب الشمالي لمستوى 10 هكتوباسكال و70 هكتوباسكال على التوالي، وكذلك النتائج المدرجة في الجداول 3، حيث من الواضح أن هناك احترارًا قويًا وسريعًا للغاية فوق المنطقة القطبية في شتاء 2008-2009.

(الجدول 2) ملخص لتوزيع أحداث الاحترار الستراتوسفير
عند 50 هكتوباسكال خلال فترات 2000–2013.

	Temperature		Zonal wind		Heat flux waves(1-3)	
Year	Peak day	T(C°)	Peak day	$U(ms^{-1})$	Peak day	k/m
2003/2004	11/1/04	-54.4	26/01/04	-0.54	3/01/04	74.39
2005/2006	30/01/06	-51.5	13/02/06	-3.95	9/01/06	64.15
2008/2009	2/02/09	-43	11/02/09	-5.51	27/01/09	128.19
2009/2010	21/02/10	-50.5	11/02/10	-1.53	23/01/10	107.05
2012/2013	26/01/13	-50.2	20/01/13	-0.24	7/01/13	76.02

جدول (3) ملخص لتوزيع أحداث الاحترار الستراتوسفير على جميع المستويات
من 10 إلى 70 هكتوباسكال خلال العام 2008–2009

year 2008/2009	Temperature		Zonal wind		Heat flux waves (1-3)	
Pressure levels	Peak day	T(C°)	Peak day	$U(ms^{-1})$	Peak day	k/m
10 hPa	23/01/09	-20.13	29/01/09	-32.14	20/01/09	548.9
30 hPa	29/01/09	-40.55	2/02/09	-12.75	21/01/09	205.09
50 hPa	2/02/09	-43	11/02/09	-5.51	27/01/09	128.19
70 hPa	3/02/09	-45.02	11/02/09	-4.25	27/1/09	94.62

على مستوى 10 هكتوباسكال، تُظهر البيانات زيادة في درجات الحرارة بحوالي 40 درجة مئوية في غضون أسبوع تقريبًا، وتبقى درجات الحرارة أعلى من المتوسط طويل الأجل لمدة شهر واحد، مما يجعل الحدث غير عادي ويبدو أن له تأثيرًا كبيرًا على نظام الطقس التروبوسفيري؛ لذا تعتبر معرفة العلاقة بين فترات SSW وتدفق الحرارة في منتصف إلى اسفل الغلاف الجوي أمرًا مهمًا في الدراسة.

تم رسم التدفق الحراري (Heat Flux) لـ 10 هكتوباسكال و 70 هكتوباسكال على التوالي، من الواضح أن التدفق الحراري يصل إلى قيمته القصوى البالغة m/° k 548.93 في يوم الذروة 2009/4/20 وتصل قيم الأوزون إلى قيمتها القصوى البالغة 489 DU خلال يوم الذروة في 2009/2/6. من ذلك يبدو أنه من الواضح تأثير

الموجات الكواكبية في تلك الفترة. نظرًا لأن معظم الدراسات الحديثة أظهرت أنه خلال حدث الدوامة الضعيفة، يمكن أن تنحدر الانحرافات من طبقة الستراتوسفير العليا إلى السطح في نطاقات زمنية مدتها أسابيع. (Mitchell et. Al., 2009) وجد صلة قوية بين تقلبات الستراتوسفير وأنماط الطقس الشاذة على سطح الأرض. ترتبط أحداث SSW التي تنتشر في طبقة التروبوسفير بتدفقات أقوى وانتشار الموجة 2 والموجة 1. من ناحية أخرى، ترتبط الأحداث التي لا تنتشر نزولاً إلى طبقة التروبوسفير مع الموجة الضعيفة 2 وتدفق الموجة 1 الصاعدة المدعمة، ويمكن بأنواع الاحترار معرفة ما إذا كان الانتشار الهابط يحدث أم لا. سيكون هذا دليلًا واضحًا، فاحترار كلتا الموجتين يمثل إزاحة وانقسام الدوامة، على التوالي. وعلى الرغم من أن بعض الدراسات وجدت أن الاستجابات التروبوسفيرية من المرجح أن تتبع الموجة - 2 SSWs أو تقسيم SSWs من الموجة - 1 أو إزاحة SSWs، [Mitchell et al., 2013].

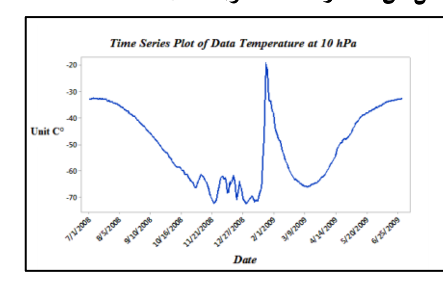
بينت دراسات أخرى وجود اختلاف بسيط بين التأثيرات القريبة من السطح للموجة - 1 والموجة 2 SSWs أو بين الإزاحة وانقسام SSWs. [Maycock and Hitchcock, 2015; White et al., 2019]

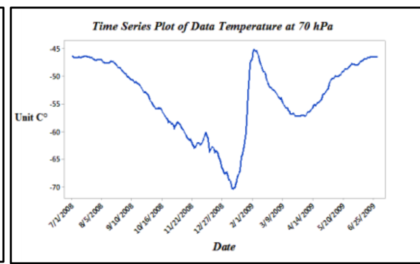
كما صرح [Kuttippurath, 2012] عن ميزات الرياح القصوى MWs في فصول الشتاء الأخيرة في القطب الشمالي. التاريخ المركزي (اليوم الذي تغير فيه الغربيات إلى الشرقيات عند (60° N /10 hPa)، سواء كان MW هو إزاحة دوامة أو حدث انقسام وتأثير موجة بارزة كما هو مدرج في الجدول (4) أدناه.

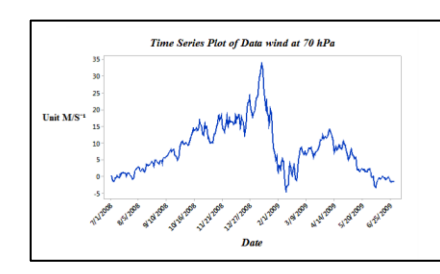
(الجدول 4) ميزات الرياح القصوى MW's في فصول الشتاء القطبية الشمالية الأخيرة

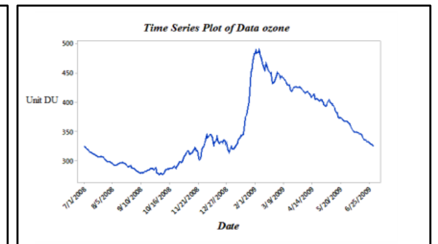
Arctic Winter	Central date	Warming event	Prominent
2003/2004	5 January	Vortex displacement	1
2005/2006	5 January	Vortex displacement	1
2006/2007	24 February	Vortex displacement	1
2007/2008	22 February	Vortex displacement	1
2008/2009	5 January	Vortex Split	2
2009/2010	9 February	Vortex displacement	1

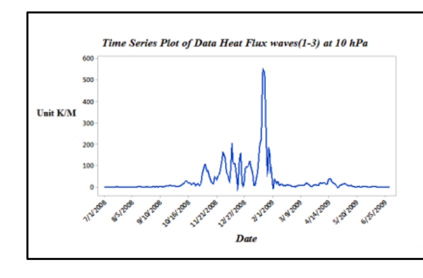
اشكال تبين التغير في درجات الحرارة، الرياح، التدفق الحراري، والاوزون فوق القطب الشمالي لكل من 10 و 70 هكتوباسكال

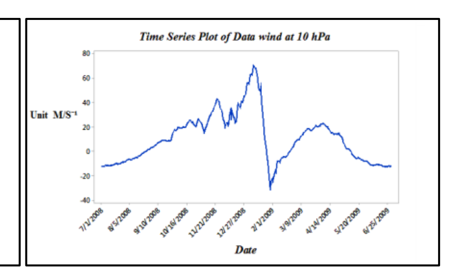


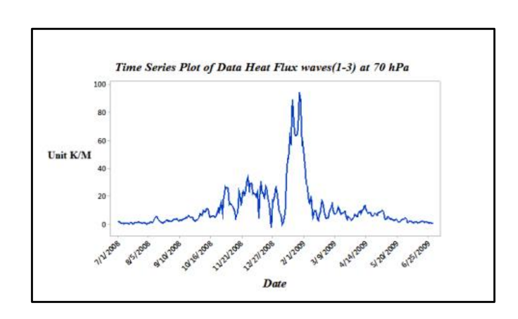












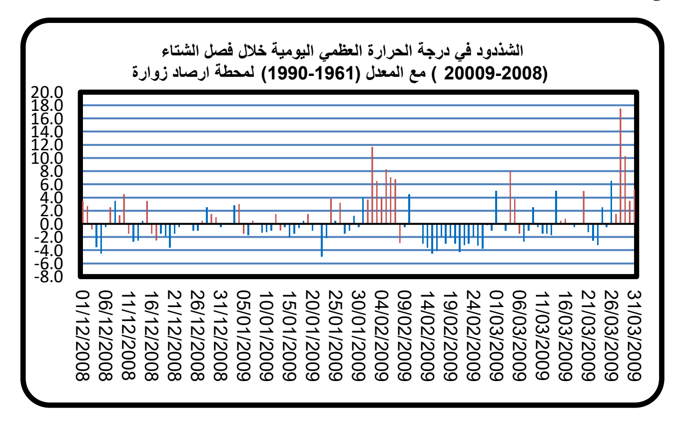
10- تأثير ظاهرة الاحترار الستراتوسفيري على طقس ليبيا:

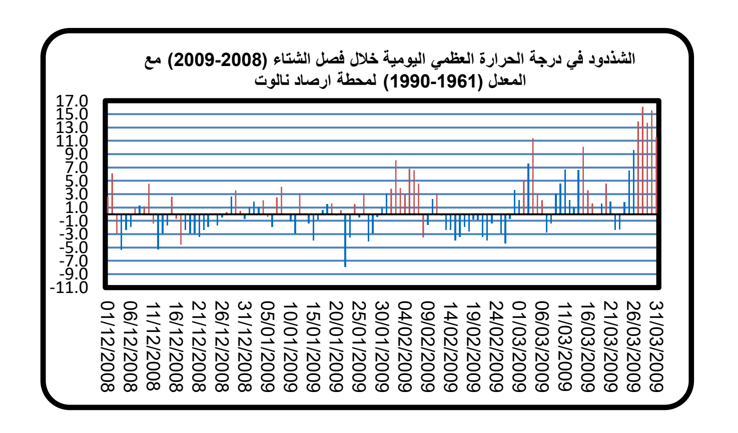
نظراً لعدم توفر البيانات المناخية لطبقات الجو العليا على ليبيا خصوصاً لفترة الدراسة (2000-2013)، عليه تم توفير بيانات سطحية وتحليلها لعدد 4 محطات رصد تابعة للمركز الوطني للأرصاد الجوية وهي كالتالي: نالوت، زوارة، مطار طرابلس، بنينا.

تم اختيار تلك المحطات على أساس توفر البيانات فيها لسنوات الدراسة، مع اتباع نفس النهج المتبع في الدراسة أعلاه والتركيز على شتاء 2008/ 2009 لحدوث أقوى احترار في طبقة الستراتوسفير خلال سنوات الدراسة.

بنفس الطريقة المتبعة اعلاه، ومن خلال تحليل بيانات كل محطة ورسمها للمناطق المذكورة، تبين ان تأثير الاحترار في طبقات الستراتوسفير خلال شتاء 2008/2009 يظهر أثره بوضوح على مجمل تلك المحطات على شكل ارتفاع نسبي واضح في درجات الحرارة خلال منتصف شهر فبراير، مع استمرار التدفق الحراري لمدة اسبوع أو أكثر. تظهر الزيادة بوضوح في محطة نالوت الجبلية والتي من المفترض أنْ تكون درجات الحرارة فيها خصوصاً في شهر فبراير تميل إلى البرودة. مع العلم بأن معدل درجة الحرارة في محطة نالوت للسنوات 1961-1990 هو 14.9 درجة مئوية وأنَّ مقدار الزيادة في شتاء 2008/2009 تجاوز المعدل بحوالي ثمانية درجات مئوية. من الشكل أدناه، تظهر زيادة ملحوظة في الفترة الواقعة ما بين 2009/2/1 حتى 2009/2/7 أي لمدة أسبوع.

أيضاً محطة زوارة الساحلية، سجلت إرتفاع درجات الحرارة استثنائي وأعلى من المعدل الذي قيمته 18.5 درجة مئوية، يظهر ذلك بوضوح في الشكل أدناه، حيث يتطابق ذلك زمنياً مع نفس الفترة مقارنة بمحطة نالوت.

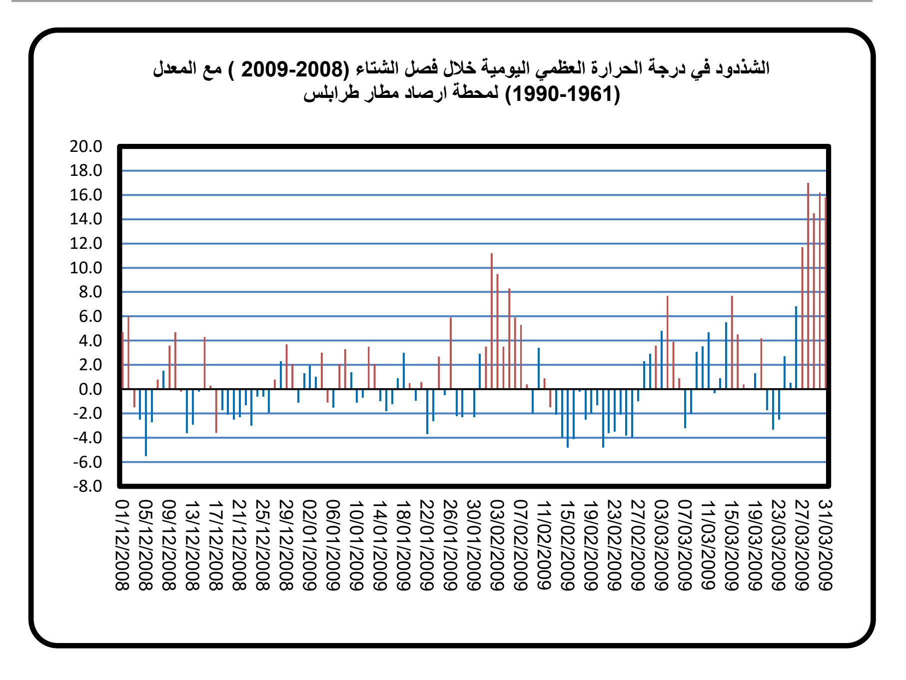


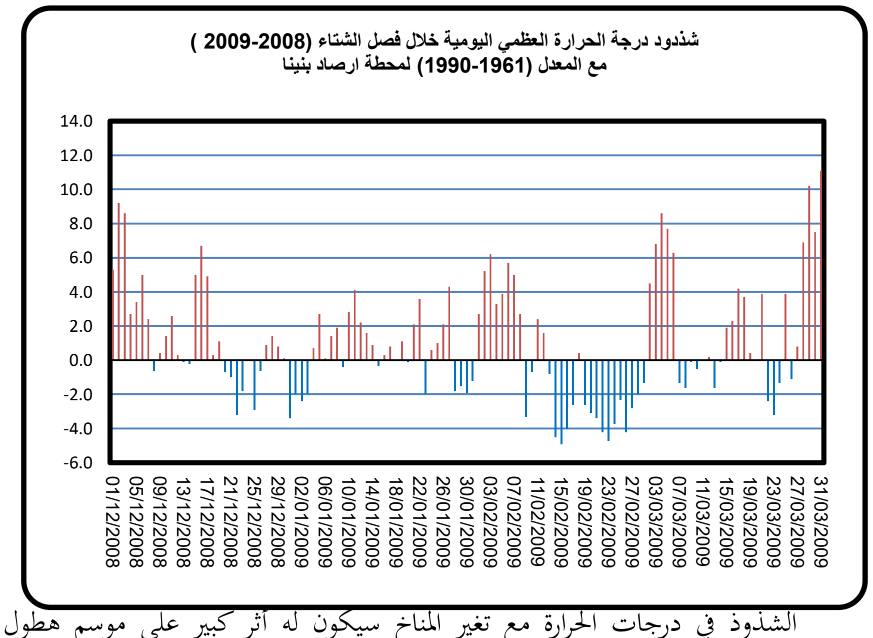


معدل درجات الحرارة في منطقة بنينا 17.6 درجة مئوية، توافق ملحوظ مع المحطتين السابقتين مع اختلاف موقعهما، إلاَّ أنَّ كمية الزيادة في درجة الحرارة تبدو واضحة خلال فصل الشتاء مما يعطي ذلك انطباعًا على أنَّ الاحترار السترتواسفيري في شتاء 2009/2008 له تأثير كبير على مجمل مناطق ليبيا بدون استثناء.

أُضيفتْ بيانات محطة مطار طرابلس لأهميتها، ولمقارنة التغير في درجات الحرارة مع باقي المحطات، الشكل أدناه يوضح تأثير الاحترار على تلك المنطقة، ويظهر مقدار الزيادة عن المعدل السنوي بما قيمته أعلى من 10 درجات مئوية خلال فترة الشتاء.

الزيادة الملحوظة في درجات الحرارة في فصل الشتاء عمومًا لها عدة آثار سلبية على موسم الأمطار في الشمال الليبي ومناطق جبل نفوسة عامة. من المفترض أنَّ موسم الأمطار في الشمال الليبي يبدأ من شهر سبتمبر وحتى نهاية شهر أبريل، حيث أنَّ الجزء الشمالي للبلاد يتأثر عموما بمناخ البحر الأبيض المتوسط على عكس الجانب الجنوبي الذي يتأثر بالمناخ الصحراوي الجاف. يمكن القول: أنَّ مناخ الساحل الليبي في مجمله يشبه مناخ البحر الأبيض شتاءً حيث يكون ماطراً وبارداً، وشهري يناير وفبراير من أكثر الشهور برودة، إلاَّ أنَّه من الملاحظ خلال السنوات الماضية ما يظهر عكس ذلك، وهذا ما يمكن تأكيده من الاستنتاجات المتحصل عليها من خلال هذه الدراسة. الزيادة الواضحة في درجات الحرارة وخصوصاً في موسم الشتاء تبين مدى تأثر ليبيا بالظواهر الجوية المختلفة على مر شهور السنة ومن هذه الظواهر على سبيل الذكر ظاهرة الاحترار الستراتوسفيري وظاهرة النينو وغيرها.





الشذوذ في درجات الحرارة مع تغير المناخ سيكون له أثر كبير على موسم هطول الامطار وبالتالي سيؤدي حتماً إلى جفاف مساحات الأراضي الزراعية وتقصير مدة نمو

المحاصيل. انخفاض معدل هطول الأمطار السنوي خلال السنوات الماضية يظهر جلياً واضحاً مع زيادة في مساحات المناطق القاحلة والتي تعتمد على هطول الامطار، يتزامن ذلك مع ندرة المياه الجوفية في جميع مناطق البلاد والذي سيكون له آثار سلبية في المستقبل القريب، مالم يتم دراسة الوضع المتفاقم دراسة واقعية واتخاذ إجراءات فورية عاجلة لإيجاد البدائل الممكنة.

10- الخلاصة والتوصيات:

في النصف الشمالي من الكرة الأرضية، غالبًا ما يصاحب أحداث جنوب غرب المحيط الهادئ نزول أنظمة تدفق شاذة. يمكن أن يكون لهذه الظواهر المتطرفة تأثيرات كبيرة على الطقس السطحي في فصل الشتاء وتفشي الهواء البارد او الهواء الساخن في خطوط العرض الوسطى.

يكون الانتشار الهابط لدرجات الحرارة والشذوذ في منطقة الرياح قويًا في أيام الذروة. تم إجراء تحليل إجمالي للتدفق الحراري بين 10 هكتوباسكال و 70 هكتوباسكال لمناطق خطوط العرض العليا والمنخفضة. يشير ذلك إلى وجود نشاط موجي بارز قبل يوم الذروة للاحترار فوق خطوط العرض العليا.

وفُحِصَ تأثير ظاهرة الاحترار المفاجئ في الستراوسفير على طقس التروبوسفير من خلال إعادة تحليل البيانات اليومية المرصودة. لقد وجد أن الطقس في التروبوسفير يتغير بشكل كبير من المنطقة القطبية إلى المنطقة الاستوائية بالاقتران مع تلك الظاهرة. كجزء من الخصائص الموسمية، يكون الستراتوسفير الشتوي غير مستقر بشكل عام ويخضع لاضطرابات مستمرة بدرجات متفاوتة. تتولد الحالة المضطربة بسبب التفاعل بين أدوات اقتران الستراتوسفير والتروبوسفير من خلال أنشطة الموجة (Gerber and Polvani, 2009). في حالات قليلة يقتصر الاحترار على كلا المستويين مما يشير إلى الامتداد الرأسي الأكبر. تكون أحداث الاحترار هذه ضيقة على طبقات الستراتوسفير بأكملها باستثناء الحدث الذي حدث خلال (2011/2010) حيث لم يكن هناك أي زيادة ملحوظة في درجة الحرارة عند مستوى 10 هكتوباسكال. خلال هذا العام، يكون الحدث مكتظًا فقط عند 50 هكتوباسكال.

قلة البيانات المناخية لمنطقة الدراسة خصوصاً بيانات طبقات الجو العليا كان عائق وسبباً مباشراً لعدم امكانية اعطاء صورة متكاملة للتدقيق والتحقق من مدى تأثير تلك الظاهرة في فترة الشتاء على طقس ليبيا عموماً.

لذا توصي الدراسة بتوفير البيانات للمستويات العليا خصوصاً 10 و 70 هكتوباسكال على منطقة الدراسة في ليبيا؛ وذلك لإمكانية تحديد يوم الذروة مع عمل تطابق بين مستويات الضغط العليا في طبقات الغلاف الجوي، وتحديد مدى تأثر مناطق السطح بتلك الظاهرة.

كما توصي أيضاً بتوفير بيانات الأمطار وتحديد معدلاتها لمناطق الدراسة؛ ممَّا يزيد حتماً من وضوح الصورة العامة لمستويات الهطول، وتحديد مستوى الاضطراب نتيجة تأثير تلك الظواهر، ويبين أيضاً أثارها المستقبلية على مناخ المنطقة.

11- المراجع:

Baldwin, M. P., & Dunkerton, T. J. (2001). Stratospheric harbingers of anomalous weather regimes. *Science*, *294*(5542), 581-584.

Charlton, A J., L.M. Polvani, Ju. Perlwitz, F. Sassi, E. Manzini, K. Shibata, S. Pawson, J.E. Nielsen, and D. Rind, 2007: Anew look at stratospheric sudden warmings. Part II: Evaluation of numerical model simulations. *J. Climate*, 10, 470-488,doi:10.1175/JCLI3994.1.

Craig, R. A., and W. S. Hering, 1959: The stratospheric warming of January-February 1957. *J. Meteor.*, 16, 91-107.

Gerber, E. P., C.orbe and L.M. Polvani, 2009: Stratospheric influence on the tropospheric circulation revealed by idealized ensemble forecasts. *Geophys. Res. Lett.* 36, L24801.

Holton, J. R., and H. Tan, 1980: The influence of the equatorial quasibiennial oscillation on the global circulation at 50 mb. *J. Atmos. Sci.*, 37, 2200-2208.

Holton, J. R., and C. Mass, 1976: Stratospheric vacillation cycles. *J. Atmos.Sci.*, 33, 2218-222.

Hu Y., and K. K. Tung, 2002: Interannual and decadal variations of planetary wave activity, stratospheric cooling, and northern hemisphere annular mode. *J. Climate*, 15, 1659-1673.

Karpetchko, A., and G. Nikulin, 2004: Influence of early winter upward wave activity flux on midwinter circulation in the stratosphere and troposphere. . *J. Climate*, 17, 4443-4452.

Kim. D., and W. Choi, 2006: Decadal and year-to-year variations of the arctic lower-stratospheric temperature for the month of Marchand their relationship with eddy heat flux. *Int. J. Climatol.*26: 1125–1132.

Kuttippurath, J., & Nikulin, G. (2012). The sudden stratospheric arming of the Arctic winter 2009/2010: Comparison to other recent warm winters.

Lowenthal, M., 1957: Abnormal mid-stratospheric temperatures. *J. Meteor.*, 14, 476.

Labitzke, K., 1977: Internal variability of the winter stratosphere in the northern hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 762– 770.

Labizke, K. and Naujokat, B, 2000: The lower Arctic stratosphere in winter since 1953.SPARC Newsletters, utoronto.ca/SPARC/ News15/15 Labitzke.html, fuberlin. e/en/met/ag/strat/produkte/ northpole/index.html, 15, 11–14.

Limpasuvan, V., Thompson, D. W., & Hartmann, D. L. (2004). The life cycle of the northern hemisphere sudden stratospheric warmings. *Journal of Climate*, *17*(13), 2584-2596.

Manney,G.,J.Sabutis, and R.Swinbank, 2001:A unique stratosphericwarming event in November 2000. *Geophys. Res. Lett.*, 28(13): doi:10.1029/2001GL012973. issn:0094- 8276.

Matsuno, T., 1971: A Dynamical Model of the Stratospheric Warming. *J. Atmos. Sci.*, 28, 1479 1494**.** doi:10.1175/15200469.

Maycock, A. C., & Hitchcock, P. (2015). Do split and displacement sudden stratospheric warmings have different annular mode signatures? Geophysical Research Letters,42, 10,943–10,951

Mohanakumar, K. 2008: Stratosphere Troposphere Interactions –An Introduction, *Springer, New York.*

Mitchell, Pancheva, P. Mukhtarov, B. Andonov, Mitchell, J.M. Forbes Planetary waves observed by TIMED/SABER in coupling the stratosphere–mesosphere–lower thermosphere during the winter of 2003/2004: Part 2—Altitude and latitude planetary wave structure**,** *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Volume 71, Issue 1, January 2009, Pages 75-87*

Mitchell, D. M., Gray, L. J., Anstey, J., Baldwin, M. P., & Charlton - Perez, A. J. (2013). The influence of stratospheric vortex displacementsand splits on surface climate.Journal of Climate,26, 2668–2682. https://doi.org/0.1175/jcli - d - 12 - 00030.1

O’Neill, A., J. R. Holton, J. A. Pyle, and J. A. Curry, 2003: Stratospheric sudden warmings. *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*, Eds., Elsevier, 1342–1353.

Polvani, L. M, and D. W. Waugh, 2004: Upward wave activity flux as aprecursor to extreme stratospheric events and subsequent anomalous surface weather regimes. *J. Climate*, 17, 3548– 3554.

Quiroz, R. S., A. J. Miller, and R. M. Nagatani, 1975: A comparison of observed and simulated properties of sudden stratospheric warmings. *J. Atmos. Sci.*, 32, 1723-1736.

Shaw, T. A., & Perlwitz, J. (2010). The impact of stratospheric model configuration on planetary-scale waves in northern hemisphere winter. *Journal of Climate*, *23*(12), 3369-3389.

Shepherd, M. G., D. L. Wu, I. N. Fedulina, S. Gurubaran, J. M. Russell, M.G. Mlynczak,G. Shepherd, 2002: Stratospheric warming effects on the tropical mesospheric temperature field. *J. Atmos. Sol. - Terr. Phy.*, 69, 2309–2337

Shepherd, T. G. 2007: Transport in the middle atmosphere, *J. Meteorol Soc. Jpn.*, 85B, 165–191**.**

Strong, C., and R. E. Davis 2006: Variability in the altitude of fast upper tropospheric winds over the Northern Hemisphere during winter, *J. Geophys. Res.*, 111, D10106, doi: 10.1029/ 2005JD006497.

Teweles, S., 1958: Anomalous warming of the stratosphere over North America in early 1957. *Mon. Weather Rev.,* 86, 377-396.

White, I., Garfinkel, C. I., Gerber, E. P., Jucker, M., Aquila, V., & Oman, L. D. (2019). The downward influence of sudden stratosphericwarmings: Association with tropospheric precursors.Journal of Climate,32,85–108.